

KAJIAN KUAT TEKAN BETON PASCA PEMBAKARAN MENGUNAKAN *COMPRESSION TEST* DAN *HAMMER TEST*

Muhammad Indra¹⁾, Yoke Lestyowati²⁾, Gatot Setya Budi³⁾.

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2,3)} Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak

muhammaddindira@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan yang baik terhadap api dibandingkan dengan material lain tetapi mempengaruhi kualitas struktur beton. Tingginya suhu dan lamanya waktu pemanasan sangat mempengaruhi penurunan kekuatan beton. Kondisi ini umum terjadi pada peristiwa kebakaran bangunan beton sehingga perlu diketahui persentase penurunan mutu beton sebagai bahan pertimbangan kelayakan fungsi pasca kebakaran. Dalam penelitian ini dilakukan pembebanan suhu tinggi secara bertahap pada benda uji silinder dan balok beton dengan menggunakan oven sebagai sistem pembakaran dengan tujuan untuk mengetahui perubahan kuat tekan beton dengan mutu 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa pada benda uji silinder Ø15 – 30 dan balok beton bertulang 15 x 15 x 60 cm yang dibakar sampai suhu 505°C, 500°C dan 750°C sebanyak 60 buah silinder dan 18 balok. Pengujian kuat tekan silinder dan balok menggunakan CTM dan Hammer Test menunjukkan hasil penelitian kuat tekan setiap mutu beton dan durasi pembakaran yang berbeda mengalami penurunan yaitu untuk benda uji beton silinder dengan mutu 25 MPa mengalami penurunan sebesar 21%, mutu 30 MPa mengalami penurunan sebesar 18%, mutu 35 MPa mengalami penurunan sebesar 14%. Untuk benda uji balok beton pada suhu 500°C dengan mutu 25 MPa mengalami penurunan sebesar 6,5%, mutu 30 MPa mengalami penurunan sebesar 5,5%, mutu 35 MPa mengalami penurunan sebesar 7%. Pada suhu 750°C dengan mutu 25 MPa mengalami penurunan sebesar 36,5%, mutu 30 MPa mengalami penurunan sebesar 31%, mutu 35 MPa mengalami penurunan sebesar 23,5%.

Kata Kunci: Beton, Kebakaran, Suhu, Mutu, Kuat Tekan

Abstract

[Title: Study Of Compressive Strength Of Post-Combustion Concrete Using A Compression Test Machine And Hammer Test] Concrete is a building material that has good resistance to fire compared to other materials but affects the quality of concrete structures. Decreasing strength of concrete is strongly influenced by the high temperature and duration of heating time. This condition is common in concrete building fires so it is necessary to know the percentage of concrete quality deterioration as a consideration for the feasibility of post-fire function. In this research, high temperature loading was carried out gradually on cylindrical specimens and concrete beams using an oven as a combustion system with the aim to determine changes in compressive strength of concrete with quality 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa on cylindrical specimens Ø15-30 and concrete beams reinforced 15 x 15 x 60 cm which is burned to a temperature of 505°C, 500°C and 750°C as many as 60 cylinders and 18 beams. Test the compressive strength of cylinders and beams using CTM and Hammer Test showed the results of the compressive strength of each concrete quality and different combustion duration decreased, namely for concrete cylindrical specimens with 25 MPa quality decreased by 21%, 30 MPa quality decreased by 18%, the quality of 35 MPa has decreased by 14%. For concrete beam specimens at a temperature of 500°C with a quality of 25 MPa decreased by 6.5%, the quality of 30 MPa decreased by 5.5%, the quality of 35 MPa decreased by 7%. At a temperature of 750°C with a quality of 25 MPa decreased by 36.5%, the quality of 30 MPa decreased by 31%, the quality of 35 MPa decreased by 23.5%.

Key word : Concrete, Fire, Temperature, Quality, Compressive Strength

1. Pendahuluan

Kebakaran adalah salah satu bencana yang dapat terjadi pada semua bangunan dengan tingkat kerugian yang tinggi baik korban jiwa hingga secara biaya. Menurut data Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Pontianak pada tahun 2019 bagian pemukiman atau perumahan, bencana kebakaran banyak terjadi pada bangunan rumah tinggal sebanyak 22 rumah, dan bangunan toko 14 toko dengan penyebab utama kebakaran umumnya kelalaian manusia. Perubahan suhu yang cukup tinggi menimbulkan terjadinya peristiwa kebakaran yang merupakan salah satu dampak yang akan membawa kerusakan pada struktur beton. Kondisi yang umum terjadi akibat kebakaran adalah permukaan struktur pada suatu gedung berubah menjadi berwarna hitam atau gosong dikarenakan tingginya suhu api, hal ini akan sangat mempengaruhi pada kualitas beton tersebut. Sehingga menyebabkan menurunnya kekuatan beton, dan tidak maksimalnya penggunaan suatu struktur bangunan tersebut. Kekuatan struktur pasca kebakaran ditentukan oleh lama waktu yang diterima oleh bangunan terhadap api.

Beton merupakan material bangunan yang memiliki durabilitas yang lebih baik daripada baja dan kayu. Dikarenakan beton adalah bahan bangunan yang memiliki daya hantar panas yang rendah, sehingga rambatan panas dapat terhalangi untuk masuk ke bagian dalam struktur beton tersebut. Penurunan kapasitas kuat tekan diakibatkan oleh pemanasan terhadap beton yang berfungsi membungkus tulangan baja mengalami kerusakan dan temperatur panas itu masuk melalui pori-pori beton sehingga baja mendapat perlakuan panas yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan struktur tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perubahan kuat tekan beton silinder dan beton balok bertulang dengan variasi mutu 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa dan variasi suhu 500°C, 505°C, 750°C.

2. Tinjauan Pustaka

• Penelitian Terdahulu

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (judul)	Benda Uji	Hasil Penelitian
1	Remigildus Cornelis (2014), (Kajian kuat tekan beton dengan mutu 15 MPa, 20 MPa, dan 25 MPa. berdasarkan variasi mutu beton)	Benda kubus berukuran 15 x 15 cm dengan mutu beton 15 MPa, 20 MPa, dan 25 MPa. Pembakaran dilakukan pada suhu 400°C dan dibakar selama 3 jam. Perendaman	ujiPenurunan kekuatan beton tanpa perendaman pascabakar mutu 15 MPa dan 20 MPa persentase adalah 4,3% dan 3,3% dan pada mutu 22 MPa dan 25 MPa sebesar 0,78% dan 3,52%. Penurunan kekuatan beton dengan perendaman pasca

	beton pascabakar dilakukan selama 14 hari.	sebesar 25,36%, 16,11%, 15,10% dan 12,31%.
2	Ahmad, et.al, (2009), (Analisa pengaruh benda uji temperatur terhadap kuat tekan beton)	Penelitian Pada suhu 200°C dilaksanakan kuat tekan sebesar lima(85,83%), 400°C sebesar (58,40%) dan 600°C sebesar Empat dibakar(35,08) selama 3 jam dengan suhu 200°C, 400°C, 600°C.
3	Furqon Rizki Atmaja (2016), (Struktur beton pascakubus kebakaran terhadap kuat tekan karakteristik beton)	Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk Mutu beton K-200 ukuran 15 cm x 15 cm dengan kuatx 15 cm dan mutu beton K-200, K-250, K-300, K-350 yang dibakar dengan durasi pembakaran selama 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Penurunan kuat tekan pasca kebakaran dengan Mutu beton K-200 pembakaran selama 2 jam suhu 302°C, 4 jam suhu 315°C dan 8 jam suhu 396°C. Mutu beton K-250 tidak mengalami peningkatan kuat tekan. Mutu beton K-300 pembakaran selama 2 jam suhu 332°C, 6 jam suhu 755°C dan 8 jam 870°C. Mutu beton K-350 mengalami pembakaran selama 2 jam suhu 399°C, 6 jam dengan suhu 570°C, 8 jam dan suhu 727°C.

4	Weka IndraMenggunakan 3	Terjadinya nilai
	Dharmawan ,varian suhu	kuat tekan naik di
	dkk (2016),dibakar 3 jam	suhu 300°C dengan
	(Perbandingansebanyak 60	persentase 6,68%
	Nilai Kuatkubus ukuran	atau 10,91 Kg/cm ² ,
	Tekan Beton15 x 15x 15 cm.	dan suhu 600°C
	Menggunakan Blanko	turun persentase
	Hammer Testpengujian	sekitar 1,57% atau
	dan menggunakan	2,56 Kg/cm ² pada
	Compression 20 benda uji	pengujian dengan
	Testing	menggunakan alat
	Machine	uji hammer.
	terhadap	Sedangkan
	Beton Pasca	pengujian dengan
	Bakar)	alat uji ctm
		didapati penurunan
		kuat tekan beton
		pada temperatur
		300°C dan 600°C
		beruntun adalah
		15,77% atau
		sebesar 51,1
		Kg/cm ² dan
		21,89% atau
		sebesar 70,93
		Kg/cm ² .

• Beton Pasca Bakar

Menurut Sumardi (2000), kebakaran merupakan reaksi kimia dari material yang mudah terbakar dengan oksigen yang diketahui sebagai reaksi pembakaran yang menciptakan panas. Hasil panas pembakaran diteruskan ke massa beton dengan dua cara yaitu radiasi dan konveksi, radiasi memancarkan panas dan diterima oleh permukaan beton sehingga beton menjadi panas, suhu panas semakin tinggi apabila pancaran semakin kuat, cara konveksi yaitu meniupkan udara panas ke permukaan beton hingga beton menjadi panas, panas secara konveksi semakin banyak apabila hembusan angin semakin kencang.

▪ Pengaruh Beban Suhu Kebakaran Terhadap Sifat Fisis Beton

• Perubahan warna beton

Tabel 2. Perubahan Warna Beton Sesuai Perubahan Suhu

Suhu	Warna Beton Sebelum Bakar	Warna Beton Sesudah Bakar
0°C - 300°C	Putih keabu-abuan	Putih kekuning-kuningan
300°C - 600°C	Putih keabu-abuan	Abu-abu kecokelatan
600°C - 900°C	Putih keabu-abuan	Kuning kecokelatan
>900°C	Putih keabu-abuan	Kekuning-kuningan

• Pengelupasan pada beton

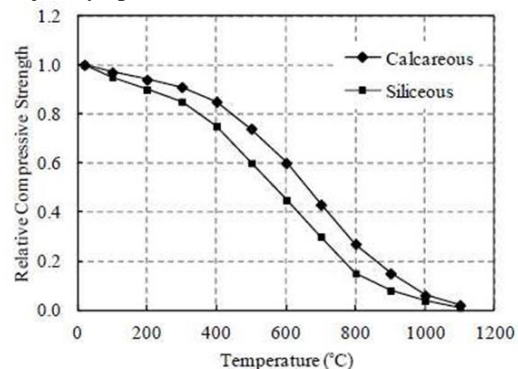
Sifat muai suhu adalah dampak utama pemanasan beton yaitu pengelupasan (*spalling*). Contoh agregat silika perubahan yang terjadi terhadap struktur kristalnya akan menyebabkan silika akan pecah, metode ini hanya terjadi terhadap permukaan beton. Dampak yang lebih berat adalah hancurnya lapisan permukaan beton dikarenakan suhu memuai dan tekanan uap air yang terperangkap di pori beton. (Taylor, 2002).

• Keretakan (*cracking*)

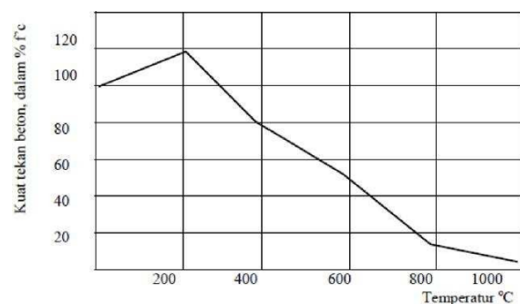
Menurut Triwiyono (2002) Tipe kerusakan yang umum terjadi pada bangunan beton terhadap kebakaran adalah retak ringan, pecahnya bagian luar beton yang berbentuk garis yang dangkal dan pendek dengan pola yang merembet. Terjadinya keretakan karena penyusutan pada kebakaran. Sedangkan, tipe lain adalah retak berat, ukuran retak lebih besar dan dalam.

▪ Pengaruh Beban Suhu Kebakaran Terhadap Sifat Mekanis Beton

Adanya perubahan sifat fisik yang membentuk beton karena suhu yang meningkat pada kebakaran mengakibatkan berubahnya sifat mekanis beton, termasuk desak atau kuat tekan pada beton. Beberapa ahli yang sudah meneliti, pada gambar dibawah menerangkan adanya penurunan kuat tekan setelah suhu diatas 300°C, suhu diatas 500°C terjadinya penurunan kuat tekan secara drastis.



Gambar 1. Grafik Interaksi Suhu Dengan Kuat Tekan Sisa Pasca Bakar



Gambar 2. Grafik Penurunan Kuat Tekan Terhadap Kenaikan Temperatur

Tabel 3. Nilai Kuat Tekan Beton Pada Peningkatan Temperatur (Sumber : Kowalski, R., 2010)

Temperatur (°C)	Kuat Tekan Beton
20	100%
100	100%
200	95%
300	85%
400	75%
500	60%
600	45%
700	30%
800	15%
900	8%
1000	4%

Tabel 4. Nilai Kuat Tekan Beton Dan Perubahan Pada Peningkatan Temperatur (Sumber : Ingham, J., 2009)

Temperatur yang dicapai °C	Perubahan akibat pemanasan	Perubahan Kimia	Perubahan Kekuatan
70-80	Pemisahan awal Kehilangan air pada agregat dan matriks semen, dan terjadi peningkatan porositas		Penurunan kekuatan yang minor (<10%)
120-163	Dekomposisi Gypsum Terjadinya perubahan warna menjadi muda/merah pada material terjadi karena oksidasi dari kandungan besi. Degradasi meningkat karena kehilangan air di matriks.		
250-350	Bahan yang diikat terdehidrasi dan warna berubah menjadi putih dan keabu-abuan Terjadinya retakan radial pada sekeliling butiran kuarsa pada material dikarenakan kenaikan 5% volume dari kuarsa		mulai pada suhu 300°C turunnya kekuatan terlihat sangat jelas
450-500			
573			
600-800	Kerusakan pada konstruksi beton disebabkan terlepasnya karbondioksida dari karbonat Beton berubah warna menjadi putih abua-abuan dan retak mikro disebabkan oleh detoriarsi penuh pada elemen yang		Pada temperatur diatas 500-600°C beton sudah tidak baik untuk digunakan
800-1200			

terbakar dikarenakan pemisahan dan tegangan akibat temperatur yang ekstrim

▪ Baja Terhadap Suhu Tinggi

Sifat dan karakteristik baja sangat berpengaruh terhadap tingginya temperatur. Terjadinya ketidak linearan kurva tegangan dan regangan dan yang menyebabkan menghilangnya titik leleh adalah jikalau baja diterpa temperatur melebihi 200°F (93°C). Antara temperatur 800°F sampai dengan 1.000°F (430°C sampai dengan 540°C) laju penurunan akan terjadi secara maksimal. Modulus elastisitas, semakin tinggi temperatur semakin menurun kekuatan leleh dan kekuatan tarik. (Teguh. E. W., dan Suprpto, 2011)

▪ Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran adalah bahan yang dibuat dari batu bata tahan api yang dapat dipanaskan dnegan sumber tertentu yang digunakan untuk membakar benda keramik. Tungku pembakaran berfungsi untuk membakar benda keramik dengan menggunakan bahan bakar yang khusus, sampai semua membakar dan panasnya menyebar ke semua yang ada didalam tungku pembakaran. Radiasi panas yang ada di tungku atau di ruang bakar menimbulkan asap yang dapat keluar melalui cerobong asap. Sirkulasi panas benda saat dibakar dibiarkan merata dan bebas mengelilingi. (Taufiqullah, 2009)

▪ Kuat Tekan Beton

• Pengujian dengan *Compression Testing Machine*

Pengujian menggunakan mesin tekan (compressive testing machine) merk MBT dengan kapasitas 2000 kN, ketelitian 5 kN. Dengan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, benda uji setelah dilakukan perawatan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Kontruksi Universitas Tanjungpura, lalu di lakukan kaping (dilapisi belerang).



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan

Rumus kuat tekan beton adalah beban maksimum dibagi luas area.

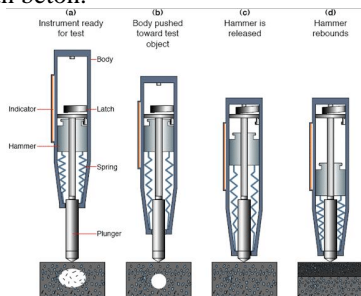
$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots$$

Dimana: P = Beban maksimum (kN).

$$A = \text{Luas area (mm}^2\text{)} \longrightarrow 0,25x \frac{22}{7} x d^2$$

• Pengujian dengan *Hammer Test*

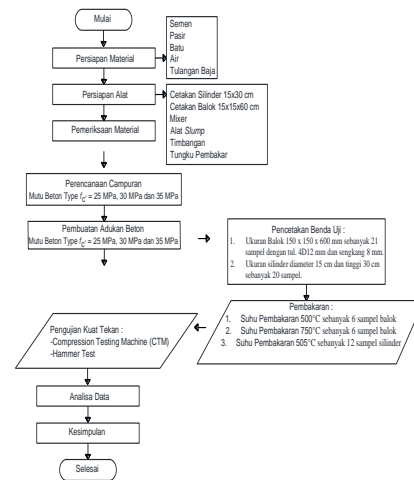
Pengujian kuat tekan dengan menggunakan *Hammer Test* merupakan salah satu *non destructive testing apparatus* yang digunakan langsung di lapangan. Namun demikian penggunaannya tidak bisa secara langsung menggantikan *compression test* dan juga tidak bisa digunakan untuk mengukur kuat tekan beton secara akurat. *Hammer Test* akan menghasilkan sebuah nilai *rebound* seketika setelah dilakukan penembakan terhadap benda uji. Setelah penembakan akan dikonversi melalui grafik yang ada pada hammer beton sesuai dengan sudut tembakan dan dapatlah nilai yang diinginkan. Nilai *rebound* inilah yang kemudian akan menunjukkan kuat tekan beton.



Gambar 4. Prinsip Kerja *Hammer Test*

3. Metodologi Penelitian

▪ Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

▪ Pelaksanaan Penelitian

Rangkaian kegiatan dalam penelitian ini meliputi pembuatan sampel, pembakaran, dan pengujian hingga analisis data yang dibuat secara berturut-turut. Adapun tahapan pelaksanaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tahap pengujian mutu material sebagai berikut:
 - a. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan halus
 - b. Pemeriksaan berat volume agregat kasar dan halus
 - c. Pemeriksaan kadar air agregat kasar dan halus
 - d. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus
 - e. Pemeriksaan modulus kehalusan agregat halus
 - f. Pemeriksaan gradasi agregat kasar dan halus
2. Tahap perhitungan campuran beton. Pada tahap ini merencanakan *mix design* dengan mutu beton yang berbeda yaitu 25 MPa, 30 MPa, dan 35 MPa. Berikut kebutuhan benda uji yang diperlukan :
 - a. Benda uji beton silinder dibuat sebanyak 60 buah dibagi menjadi 4 buah pada 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari non bakar dan 28 hari bakar suhu 505°C untuk pengtesan CTM.
 - b. Benda uji balok bertulang dibuat sebanyak 18 buah dibagi menjadi 2 buah pada 28 hari non bakar, 28 hari bakar suhu 500°C dan 28 hari bakar suhu 750°C untuk pengtesan *Hammer*.
3. Tahap pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder dimensi 15 x 30 cm, benda uji balok dimensi 15 x 15 x 60 cm. Tulangan yang digunakan adalah tulangan rangkap dengan menggunakan besi polos mutu baja f_y 240 MPa. Tulangan utama yang digunakan diameter 12 mm dan tulangan geser yang digunakan diameter 8 mm.

4. Tahap pengeringan beton. Setelah beton selesai dari tahap pengecoran, beton didiamkan selama satu hari, beton di keluarkan dari cetaknya setelah beton mongering
5. Tahap perawatan / perendaman beton. Dilakukan perendaman di dalam bak berisi air yang berfungsi untuk menjaga suhu beton agar tetap stabil.
6. Pembakaran benda uji. Benda uji balok beton yang sudah berumur 28 hari kemudian dilakukan proses pembakaran.
7. Pendinginan dan pemeriksaan beton setelah pembakaran. Mendinginkan beton dengan cara didiamkan selama 1 hari dan mengamati hasil setelah proses pembakaran.
8. Pengujian benda uji silinder untuk kuat tekan umur 7, 14, 21 dan 28 hari di tes menggunakan *Compression Test Machine (CTM)*. Sedangkan benda uji balok dilakukan pengujian kuat tekan dengan *hammer test*. Benda uji dilakukan pengujian sebelum dan sesudah pembakaran.
9. Data dianalisis.
10. Penyusunan laporan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

▪ Hasil Pemeriksaan Berat Satuan

Pemeriksaan berat dilakukan dengan cara menimbang masing – masing benda uji sebelum pembakaran dan sesudah pembakaran. Hasil pengujian berat satuan dari benda uji umur 28 hari dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 5. Berat Satuan Benda Uji Silinder Dengan Suhu 505°C

Kode	Berat		Penurunan	
	Sebelum bakar	Sesudah bakar	kg	%
f_c 25 MPa	12,48	11,87	0,61	4,89
f_c 25 MPa	12,65	12,135	0,515	4,07
f_c 25 MPa	12,30	11,765	0,535	4,35
Rata-rata	12,48	11,92	0,55	4,44
f_c 30 MPa	12,92	12,50	0,42	3,25
f_c 30 MPa	12,73	12,125	0,605	4,75
f_c 30 MPa	12,67	12,16	0,51	4,03
f_c 30 MPa	12,70	12,08	0,62	4,88
Rata-rata	12,76	12,22	0,54	4,23
f_c 35 MPa	12,90	12,25	0,65	5,04
f_c 35 MPa	12,60	12,165	0,435	3,45
f_c 35 MPa	12,57	11,975	0,595	4,73
f_c 35 MPa	12,84	12,25	0,59	4,60
Rata-rata	12,73	12,16	0,57	4,46

Tabel 6. Berat Satuan Benda Uji Balok Bertulang Dengan Suhu 500°C

Kode	Berat		Penurunan	
	Sebelum bakar	Sesudah bakar	kg	%
f_c 25 MPa	35,25	33,65	1,6	4,54
f_c 25 MPa	34,65	33,10	1,55	4,47
Rata-rata	34,95	33,38	1,58	4,51
f_c 30 MPa	34,70	32,90	1,8	5,19
f_c 30 MPa	34,25	33,10	1,15	3,36
Rata-rata	34,48	33	1,48	4,28
f_c 35 MPa	35,25	33,65	1,6	4,54
f_c 35 MPa	34,80	33,05	1,75	5,03
Rata-rata	35,03	33,35	1,68	4,79

Tabel 7. Berat Satuan Benda Uji Balok Bertulang Dengan Suhu 750°C

Kode	Berat		Penurunan	
	Sebelum bakar	Sesudah bakar	kg	%
f_c 25 MPa	34,90	32,15	2,75	7,88
f_c 25 MPa	34,55	32,05	2,5	7,24
Rata-rata	34,73	32,1	2,63	7,56
f_c 30 MPa	34,45	31,80	2,65	7,69
f_c 30 MPa	34,20	31,50	2,7	7,89
Rata-rata	34,33	31,65	2,68	7,79
f_c 35 MPa	34,60	31,70	2,9	8,38
f_c 35 MPa	34,90	32,25	2,65	7,59
Rata-rata	34,75	31,98	2,78	7,99

▪ Hasil Pemeriksaan Warna

Pengamatan perubahan warna dilakukan dengan melihat warna beton pada kolom setelah dibakar dan dibandingkan dengan indikator yang telah disiapkan. Contoh sebagai berikut :



Gambar 6. Perubahan Warna Beton Pasca Pembakaran Suhu 500°C



Gambar 7. Perubahan Warna Beton Pasca Pembakaran Suhu 750°C



Gambar 8. Perubahan Warna Beton Pasca Pembakaran Suhu 500°C

Tabel 8. Perubahan Warna Beton Pasca Pembakaran Suhu 500°C

Kode	Perubahan warna
f_c 25 MPa	Putih kekuning-kuningan
f_c 30 MPa	Putih kekuning-kuningan
f_c 35 MPa	Putih kekuning-kuningan

Tabel 9. Perubahan Warna Beton Pasca Pembakaran Suhu 750°C

Kode	Perubahan warna
f_c 25 MPa	Abu-abu kekuningan
f_c 30 MPa	Abu-abu kekuningan
f_c 35 MPa	Abu-abu kekuningan

Tabel 10. Perubahan Warna Beton Pasca Pembakaran Suhu 505°C

Kode	Perubahan warna
f_c 25 MPa	Putih kekuning-kuningan
f_c 30 MPa	Putih kekuning-kuningan
f_c 35 MPa	Putih kekuning-kuningan

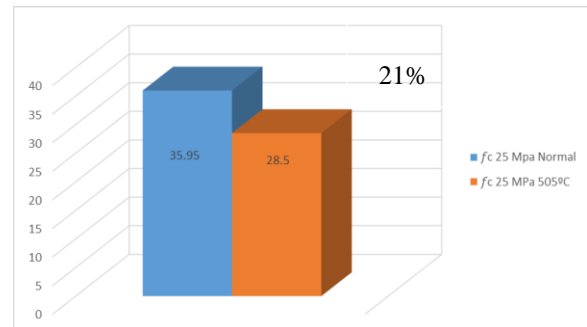
- **Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan *Compression Test Machine***
Data yang didapat dirata-ratakan dan dibandingkan dengan data yang lain.

Tabel 11. Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Beton Umur 28 Hari Normal Dan Bakar

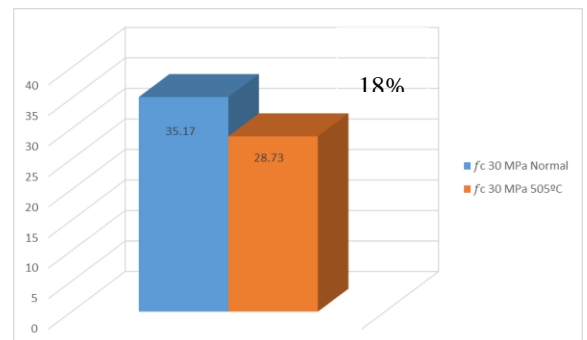
Kode	Kuat tekan rata-rata umur 28 hari (MPa)		Penurunan	
	Normal	505°C	MPa	%
f_c 25 MPa	35,95	28,50	7,45	21
f_c 30 MPa	35,17	28,73	6,44	18
f_c 35 MPa	36,23	31,07	5,16	14

Dari tabel diatas dapat dilihat penurunan dari setiap mutu. Pada mutu f_c 25 MPa terjadi penurunan sebesar 7,45 MPa dan besarnya persentase penurunan adalah 21%. Pada mutu f_c 30 MPa terjadi penurunan sebesar 6,44 MPa dan besarnya persentase penurunan adalah 18%. Pada mutu f_c 35 MPa terjadi penurunan sebesar 5,16 MPa dan besarnya persentase penurunan sebesar 14%, dapat dilihat semakin tingginya mutu semakin kecil juga besarnya penurunan mutu ini membuktikan bahwa

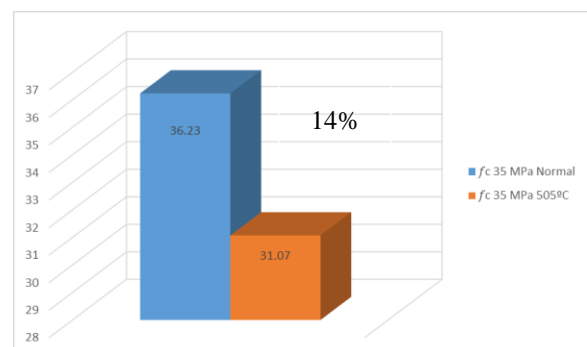
mutu tinggi masih dapat menahan panas api, akan tetapi penggunaan atau fungsional pada beton tersebut sudah tidak layak pakai dikarenakan tidak mencampai faktor keamanan beton. Grafik dari tabel-tabel diatas seperti berikut.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari f_c 25 MPa



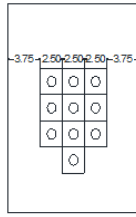
Gambar 10. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari f_c 30 MPa



Gambar 11. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari f_c 35 MPa

- **Hasil Pengujian Kuat Tekan Menggunakan *Hammer Test***

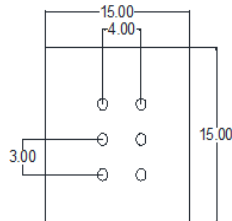
Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura. Pada pengujian dengan menggunakan *Hammer Test* ini diambil pada bagian Penampang Memanjang dan Penampang Melintang balok beton bertulang yang dilakukan tembakan *Hammer Test* dengan arah dan sudut tembakan -90° dan tembakan sebanyak 10 kali pada sisi penampang memanjang dan tembakan sebanyak 6 kali pada sisi penampang melintang. Dibawah ini rumus yang berlaku untuk kuat tekan berdasarkan SNI-astm-c805-2012.



Gambar 12. Skets Titik Bagian Penampang Memanjang



Gambar 13. Tes Balok



Gambar 14. Skets Titik Penampang Melintang



Gambar 15. Tes Balok Sisi Penampang Melintang



Gambar 16. Proceq Digi-Schmidt 2000 Type LD Langkah untuk mendapatkan Kuat Tekan pada Hammer Test :

1. Menentukan titik tembakan, pada penelitian ini menggunakan 10 titik tembakan.
2. Tembakan pada penelitian ini menggunakan sudut -90° .
3. Apabila data 10 titik tembakan sudah didapat dari alat, setelah itu membuat *Rebound Minimal* dan *Rebound Maximal*.
4. Setelah itu membuat rata-rata dari nilai *Rebound*.
5. Maka dapatlah Kuat Tekan dari benda uji tersebut dengan menggunakan *Hammer Test*.

Dikarenakan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Proceq Digi-Schmidt 2000 Type LD* yang semua langkah diatas dan perhitungannya sudah dapat diambil datanya dari alat tersebut.

Hasil dari kuat tekan *Hammer Test* umur 28 hari beton tanpa bakar dan pasca bakar pada penelitian ini sebagai berikut :

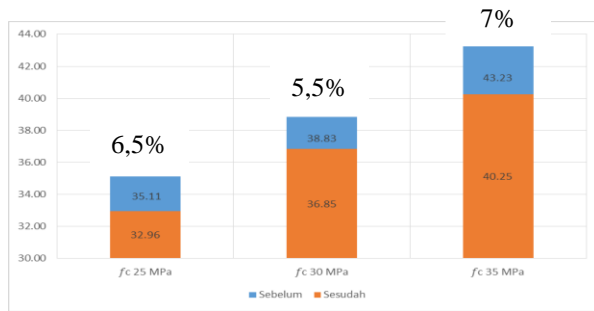
Tabel 16. Perbandingan Kuat Tekan *Hammer Test* pada penampang memanjang suhu 500°C

Kode	Penampang memanjang		Penurunan	
	Sebelum	Sesudah	(MPa)	%
f_c 25 MPa	35,06	32,78	2,29	7
f_c 25 MPa	35,16	33,15	2,01	6
Rata-rata	35,11	32,96	2,15	6,5
f_c 30 MPa	37,84	35,70	2,13	6
f_c 30 MPa	39,83	38,00	1,83	5
Rata-rata	38,83	36,85	1,98	5,5
f_c 35 MPa	44,49	40,70	3,79	9
f_c 35 MPa	41,97	39,80	2,17	5
Rata-rata	43,23	40,25	2,98	7

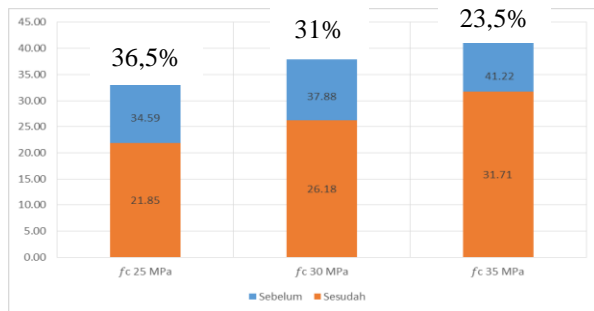
Tabel 17. Perbandingan Kuat Tekan *Hammer Test* pada penampang memanjang suhu 750°C

Kode	Penampang memanjang		Penurunan	
	Sebelum	Sesudah	(MPa)	%
f_c 25 MPa	34,62	20,25	14,37	41
f_c 25 MPa	34,57	23,45	11,12	32
Rata-rata	34,59	21,85	12,74	36,5
f_c 30 MPa	37,56	26,70	10,86	29
f_c 30 MPa	38,21	25,65	12,56	33
Rata-rata	37,88	26,18	11,71	31
f_c 35 MPa	41,73	33,18	8,56	21
f_c 35 MPa	40,70	30,25	10,45	26
Rata-rata	41,22	31,71	9,50	23,5

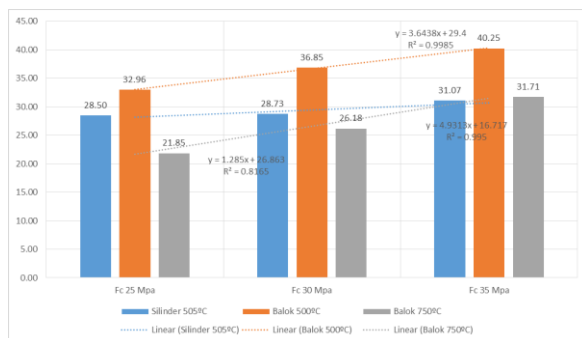
Pada Tabel 16. didapatkan persentase penurunan kuat tekan rata-rata pada mutu f_c 25 MPa sebesar 6,5% dengan penurunan kuat tekan sebesar 2,15 MPa, pada f_c 30 MPa sebesar 5,5% dengan penurunan kuat tekan sebesar 1,98 MPa, pada f_c 35 MPa sebesar 7% dengan penurunan 2,98 MPa, Pada Tabel 17. didapatkan persentase penurunan kuat tekan rata-rata pada mutu f_c 25 MPa sebesar 36,5% dengan penurunan kuat tekan sebesar 12,74 MPa, pada f_c 30 MPa sebesar 31% dengan penurunan kuat tekan sebesar 11,71 MPa, pada f_c 35 MPa sebesar 23,5% dengan penurunan kuat tekan sebesar 9,50 MPa, dapat dinyatakan bahwa penurunan pada suhu 750°C lebih besar daripada penurunan pada suhu 500°C dikarenakan pada pembakaran 750°C memakan waktu sekitar 7 jam 30 menit sedangkan 500°C memakan waktu sekitar 1 jam 37 menit, dapat dilihat bahwa semakin besar suhu yang dicapai maka semakin lama pula waktu yang diperlukan maka semakin beton keras tersebut terhidrasi dan akan kehilangan air. Perbandingan kekuatan mutu pada suhu 500°C dan 750°C dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Kuat Tekan pada suhu 500°C



Gambar 18. Grafik Perbandingan Kuat Tekan pada suhu 750°C



Gambar 19. Grafik Hubungan Antara Silinder Suhu 505°C, Balok Bertulang Suhu 500°C, dan Balok Bertulang Suhu 750°C

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Besarnya perubahan kuat tekan beton silinder rata-rata non bakar dan yang dibakar pada suhu 505°C yang menempuh waktu 1 jam pada suhu menggunakan *Compression Test Machine* (CTM), pada mutu f_c 25 MPa, f_c 30 MPa, dan f_c 35 MPa ditabelkan seperti dibawah ini.

Tabel 18. Kuat Tekan Rata-Rata umur 28 hari Suhu 505°C Silinder

Kode	Kuat tekan rata-rata umur 28 hari (MPa)		Penurunan	
	Normal	505°C	MPa	%
f_c 25 MPa	35,95	28,50	7,45	21
f_c 30 MPa	35,17	28,73	6,44	18
f_c 35 MPa	36,23	31,07	5,16	14

2. Besarnya perubahan kuat tekan rata-rata balok beton bertulang non bakar dan yang dibakar pada suhu 500°C dan 750°C dan diuji menggunakan

Hammer Test pada bagian penampang melintang dan penampang memanjang.

- a. Pada pembakaran suhu 500°C menempuh waktu sebesar 1 jam 37 menit, pada mutu f_c 25 MPa, f_c 30 Mpa, dan f_c 35 Mpa bagian penampang memanjang, ditabelkan seperti dibawah ini.

Tabel 19. Kuat Tekan Rata-Rata umur 28 hari Suhu 500°C Balok Penampang Memanjang

Kode	Penampang memanjang		Penurunan	
	Sebelum	Sesudah	(MPa)	%
f_c 25 MPa	35,06	32,78	2,29	7
f_c 25 MPa	35,16	33,15	2,01	6
Rata-rata	35,11	32,96	2,15	6,5
f_c 30 MPa	37,84	35,70	2,13	6
f_c 30 MPa	39,83	38,00	1,83	5
Rata-rata	38,83	36,85	1,98	5,5
f_c 35 MPa	44,49	40,70	3,79	9
f_c 35 MPa	41,97	39,80	2,17	5
Rata-rata	43,23	40,25	2,98	7

- b. Pada pembakaran suhu 750°C menempuh waktu sebesar 7 jam 30 menit, pada mutu f_c 25 MPa, f_c 30 Mpa, dan f_c 35 Mpa bagian penampang memanjang, ditabelkan seperti dibawah ini.

Tabel 20. Kuat Tekan Rata-Rata umur 28 hari Suhu 750°C Balok Penampang Memanjang

Kode	Penampang memanjang		Penurunan	
	Sebelum	Sesudah	(MPa)	%
f_c 25 MPa	34,62	20,25	14,37	41
f_c 25 MPa	34,57	23,45	11,12	32
Rata-rata	34,59	21,85	12,74	36,5
f_c 30 MPa	37,56	26,70	10,86	29
f_c 30 MPa	38,21	25,65	12,56	33
Rata-rata	37,88	26,18	11,71	31
f_c 35 MPa	41,73	33,18	8,56	21
f_c 35 MPa	40,70	30,25	10,45	26
Rata-rata	41,22	31,71	9,50	23,5

- c. Pada bagian penampang melintang suhu 500°C dan 750°C, pada mutu f_c 25 MPa, f_c 30 Mpa, dan f_c 35 Mpa ditabelkan seperti dibawah ini.

Tabel 21. Kuat Tekan Rata-Rata umur 28 hari suhu 500°C dan 750°C Balok Penampang Melintang

Kode	Penampang melintang	
	500°C	750°C
f_c 25 MPa	38,05	16,00
f_c 25 MPa	37,75	19,40
Rata-rata	37,90	17,70
f_c 30 MPa	41,15	22,80
f_c 30 MPa	40,60	20,55
Rata-rata	40,88	21,68
f_c 35 MPa	44,65	24,65
f_c 35 MPa	44,00	30,00
Rata-rata	44,33	27,33

Ucapan Terima Kasih

Pembuat tulisan mengucapkan terima kasih yang sangat besar kepada orang tua penulis atas permohonan kepada Allah dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ibu Ir. Yoke Lestyowati, M.T. dan bapak Gatot Setya Budi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang sudah memberikan izin untuk melakukan pengujian sampel di laboratorium sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar.

Daftar Pustaka

- Ahmad. I. A., *et all.* 2009. *Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok Dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Atmaja. F. R., *et all.* 2016. *Struktur Beton Pasca Kebakaran Terhadap Kuat Tekan dan Karakteristik Beton*. Serang: Fakultas Teknik Universitas Serang Raya.
- Auuriyah. R. J., "Macam Tungku Pembakaran", Maret 11, 2015. <https://www.scribd.com/doc/258320153/Macam-Tungku-Pembakaran-docx>.
- Aziz. M. A. 2015. *Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Tambahan Tulangan Baja Menyilang Pasca Bakar Dengan Berbagai Variasi Waktu*.
- Bayuasri. T., *et all.* 2006. *Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi*. Semarang: Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Cornelis. R., *et all.* 2014. *Kajian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Dengan Dan Tanpa Perendaman Berdasarkan Variasi Mutu Beton*. Kupang: Jurusan Teknik Sipil FST UNDANA.
- Corsika. Y., Karolina. R. *Analisis Perilaku Mekanis Dan Fisis Beton Pasc Bakar*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Dharmawan. W. I., *et all.* 2016. *Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan Hammer Test dan Compression Testing Machine terhadap Beton Pasca Bakar*. Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Malahayati.
- Herlambang. F. S., Sudiarta. I. K. 2015. *Kuat Tekan Beton Pasca Kebakaran Pada Struktur Beton Bertulang Di Pasar Seririt, Buleleng, Bali*. Bali: Politeknik Negeri Bali.
- Laporan Bab II. Library.binus.ac.id. (Diakses pada 26 Januari 2020). Pontianak
- Malik. D., Karolina. R. *Analisa Kajian Beton Pasca Bakar Dengan Tambahan Admixture Superplasticizer*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Prasetya. R., *et all.* 2017. *Eksperimen Dan Analisis Lebar Retak Pada Balok Beton Bertulang Pasca Paparan Suhu Tinggi*. Malang: Magister Teknik Universitas Brawijaya.
- Ray. N. 2005. *WC Ratio Pada Perubahan Perilaku Beton Mutu Normal Pada Temperatur Tinggi Pasca Kebakaran*. Surabaya: Teknik Sipil ITATS.
- SNI 03 – 1741 – 2008, Cara uji ketahanan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung
- SNI 03 - 1972 – 2008, Cara uji *slump* beton
- SNI 03 – 6369 – 2008, Tata cara pembuatan kaping untuk benda uji silinder beton
- SNI 03 - 1974 – 2011, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder
- SNI 03 - 7656 – 2012, Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa
- SNI – ASTM – C 805 – 2012, Metode uji angka pantul beton keras
- Sutapa. A. A. G., Rosita. N. N. 2016. *Kekuatan Tekan Kolom Pendek Pasca Pembakaran*. Bali: Universitas Udayana.
- Susilorini. R., Sambowo. K. A. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan: Durabilitas Beton*. Surya Perdana Semesta, Semarang.
- Wahyuni. E., Anggraini. R. 2010. *Pengaruh Perbedaan Proses Pendinginan Terhadap Perubahan Fisik Dan Kuat Tekan Beton Pasca Bakar*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wibawa. T. E., Suprpto. 2011. *Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Kekuatan Leleh Dan Kuat Tarik Pada Bahan Baja Melalui Uji Ketahanan Api*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.